Aronson
Library

Beiträge zur Kenntnis

der

centralen und peripheren Nervenendigungen.

Inaugural-Dissertation

welche

zur Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin und Chirurgie

mit

Zustimmung der medicinischen Facultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

am

14. August 1886

nebst

den angefügten Thesen

öffentlich vertheidigen wird

der Verfasser

HANS ARONSON

aus Königsberg in Pr.

Opponenten:

Max Litthauer, Dd. med.
Willy Sachs, Dd. med.
Fedor Plessner, Cand. med.

BERLIN.

Druck von Otto Dreyer, Unter den Linden 17.

Seiner theuren Mutter

gewidmet.

Methode der Untersuchung.

Auf keinem anderen Gebiete der Histologie ist die Erkenntnis der feineren Structurverhältnisse mehr von der Ausbildung einer besonderen Technik abhängig gewesen als in dem Ausbau der Lehre vom Nervensystem. Wir sehen dabei ganz ab von den Forschungen über das Centralorgan desselben, die ja allein eine Unsumme von besonderen Methoden zu Tage gefördert haben, welche für sich eine beträchtliche Literatur in Anspruch nehmen. Hier hat ja in neuester Zeit erst die histologische Färbekunst ihre glänzendsten Triumphe gefeiert (cf. die Weigert'schen Methoden). Was die Darstellung des peripheren Nervensystems in specie der feinsten Nervenendigungen angeht, so kann man verfolgen, wie die bahnbrechenden Entdeckungen auf diesem Gebiete Hand in Hand gehen mit der Einführung bestimmter Reagentien in die histologische Technik. Wir denken hier hauptsächlich an die Anwendung der Osmiumsäure und des Goldchlorids. Die Osmiumsäure[1]) hat neben ihrer wunderbaren Fähigkeit das ertötete Protoplasma selbst in seinen feinsten Formverhältnissen zu fixieren, die bemerkenswerthe Eigenschaft mit gewissen Elementen des Nervenmarks, die gleichzeitig einen reducirenden Einfluss ausüben, sich zu verbinden und dieselben so durch Schwarzfärbung kenntlich zu machen. Als eigentliches Nervenreagenz konnte dieselbe also nur soweit von Nutzen sein, als es sich um die Erkenntnis der feinsten markhaltigen Nerven in verschiedenen Organen handelte. Es hat sich jedoch bekanntlich gezeigt, dass die peripheren Nerven nach Verlust des Markes erst ihre letzten Endausbreitungen eingehen und war dadurch gewissermassen die Grenze dieser Methode gesetzt.

Hier trat nun ergänzend die Anwendung der Goldsalze ein. Im Jahre 1866 beobachtete Cohnheim[2]), dass das Goldchlorid

1) Eingeführt im Jahre 1865 von Max Schultze.

2) Ueber die Endigungen der seusiblen Nerven in der Hornhaut. Virch. Arch. Bd. XXXVIII p. 343.

durch die tierischen Gewebe unter Einwirkung des Lichtes reducirt wird und dadurch eine rote bis violette Farbe annimmt. Er entdeckte schon die fundamentale Tatsache, dass das Nervengewebe speciell der Axencylinder eine besondere Verwandtschaft zu dem Golde zeigen und sich mit ihm sehr intensiv färben. Bald erkannte man, dass das Goldchlorid — so glanzvoll die Resultate waren, die man an gelungenen Präparaten erhielt — in seiner Anwendung sich ebenso launisch zeigte. Die Bestrebungen der Forscher waren daher darauf gerichtet, Bedingungen herzustellen, unter denen die Reduction des Goldsalzes gleichmässig und sicher von Statten ging. Die neueren Methoden suchen durch bestimmte Reagentien die Präparate für die Goldimprägnation besser vorzubereiten und nach derselben die Reduction zu begünstigen. Sehr gross ist die Anzahl der von diesem Gesichtspunkt ausgehenden, jüngst angegebenen Verfahren und es ist allmählich so weit gekommen, dass fast jeder Forscher auf diesem Gebiet sich seine eigene Methode zusammengestellt hat, mit der er am besten auskommt. Am meisten allgemeine Anerkennung hat sich von diesen Verbesserungen das Löwit'sche Verfahren erworben. Durch die Anwendung der Ameisensäure, welche zunächst eine gewissermassen präparatorische Quellung der Gewebe hervorruft und nach der Goldbehandlung den Reductionsprozess unterstützt, gelang es ziemlich constante Resultate zu erhalten. Jedoch weiss Jeder, der diese Methode vielfach geprüft und angewendet hat, dass auch sie noch Vieles zu wünschen übrig lässt. Ein Fehler speciell haftet allen Goldmethoden an. Es durchdringt nämlich das Goldsalz nur ganz kleine Gewebsstücke gleichmässig und auch in diesem geht die Reduction nicht überall in der gewünschten Weise vor sich, so dass nur bestimmte Stellen ein brauchbares Resultat ergeben.

Trotz dieser Mängel und der Schwierigkeiten in der Ausübung dieser Methode verdankt ihr doch die Erforschung der letzten motorischen wie sensiblen Nervenendigungen die ersprieslichste Förderung und ward sie bis jetzt bei Arbeiten auf diesem Gebiete wohl stets als letzte Instanz zu Rate gezogen.

Einen ganz neuen, eigenartigen Weg — nicht allein was die Darstellung der Nervenendigungen, sonderu überhaupt die

histologische Methodik anbelangt — beschreitet Ehrlich in seiner jüngst veröffentlichten Mitteilung: „Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz[1])“. Es gelang diesem Forscher in dem von ihm vor Jahren in die mikroskopische Technik eingeführten Methylenblau einen Stoff zu entdecken, der in genügenden Mengen in das Blutgefässsystem eines lebenden Tieres injicirt, in erster Linie die Gesammtheit der Endigungen der centripetal leitenden Nerven färbte. Es traten dieselben als blaue Gebilde innerhalb der meist völlig farblos gebliebenen übrigen Substanzen auf's Deutlichste hervor. Neben diesen sensiblen Nervenendausbreitungen konnten besonders durch Beibringung grosser Mengen des Farbstoffes auch gewisse centrifugale dargestellt werden, wozu insbesondere die Nerven der glatten Muskulatur und einiger quergestreifter Muskelgruppen (Augenmuskeln, Zwerchfell etc.) gehören.

Neben den vielen neuen Aufschlüssen über die Morphologie des Nervensystems, die wir dieser Methode verdanken, ist es hauptsächlich ein Punkt, dem dieselbe ihre fundamentale Bedeutung verdankt. Es ist dieses nämlich die Rückkehr zum Studium der frischen, lebenden Gewebe. Die histologischen Bestrebungen waren in den letzten Jahren hauptsächlich darauf gerichtet, in die feinsten Formverhältnisse der Zellen und der Gewebe einzudringen. In diesem Sinne hat sich auch die mikroskopische Technik entwickelt. Vorzügliche Härtungs- und Konservirungsmethoden sind ausgebildet worden, die es ermöglichen, noch nach dem Tode das Protoplasma selbst in seinen feinsten Lagerungsverhältnissen zu studieren. Zu diesem Behufe lernte man durch Einbettung der Organe und sinnreich konstruirte Apparate Schnitte fast in jeder beliebigen Dünnheit herstellen. So sind wir denn allmählich zu einer befriedigenden Kenntnis des äusseren Gerüstes, der Form, gekommen, innerhalb deren sich die Lebensprozesse abspielen. Von den fundamentalen Funktionen der lebenden Zelle, deren Erforschung doch den Ausgangspunkt einer rationellen Biologie bildet, haben wir dabei

---

1) Deutsche med. Wochenschrift No. 4, 1886. Nach einem am 21. Dezember 1885 im Verein für innere Medicin gehaltenen Vortrage.

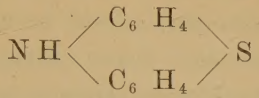
fast garnichts erfahren. Ueber die einfachsten vitalen Vorgänge innerhalb derselben (Stoffwechsel, Atmung etc.) sind wir noch völlig im Unklaren.

Ehrlich hat sich bemüht zu zeigen, dass die vitale Farbstoffzuführung wohl geeignet ist, uns einen Einblick in diese für die bisherigen Methoden garnicht zugänglichen Verhältnisse zu schaffen. Dadurch, dass wir den Färbungsakt in den Organismus selbst verlegen, bekommen wir nicht allein für die Erkenntnis der Formen verwertbare, differenziirende Tinctionen, sondern wir können auch eine Reihe rein physiologischer Thatsachen eruiren. Die intra vitam zugeführten Körper erleiden oft innerhalb der Gewebe, welche sie aufgenommen haben, bestimmte Veränderungen (Bildung von Leukoprodukten, synthet. Körpern etc.) deren Erforschung — allein durch die Farbnatur der gewählten Stoffe ermöglicht — zu wichtigen Aufschlüssen über die Funktionen der betreffenden Teile führt. Ferner finden wir bei der Prüfung verschiedener Körper, dass nicht stets dieselben Gewebe sich durch Farbstoffaufnahme auszeichnen, sondern es lassen sich bestimmte, charakteristische Verteilungsgesetze aufstellen. Das genaue Studium derselben im Verein mit dem der chemischen Konstitution der verwendeten Farbkörper ergiebt weiterhin viele physiologisch interessante Gesichtspunkte.

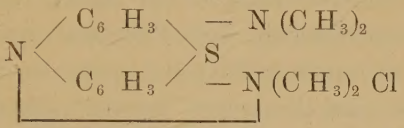
Bei diesen Versuchen kann noch viel weniger als in der sonstigen mikroskopischen Technik ein zielloses Probiren der einzelnen Farbstoffe von Erfolg begleitet sein. Allein durch umfassende Kenntnis der chemischen Natur derselben ist es möglich zu erfreulichen Resultaten zu gelangen.

Auf welche Weise solche Untersuchungen anzustellen sind, hat Ehrlich für das Methylenblau und die nervenfärbende Eigenschaft desselben in der oben citirten Abhandlung gezeigt. Da andere basische Anilinfarbstoffe wie Fuchsin, Malachitgrün, Safranin etc. bei gleichartiger Zuführung jede Färbung der Nerven vermissen liessen, lag es nahe, den Grund für die merkwürdige Sonderstellung des Methylenblaus in seiner eigenartigen Konstitution zu suchen. Es gelang dann auch hier einen Faktor mit besonderer Schärfe zu präcisiren. — Das Methylenblau ist

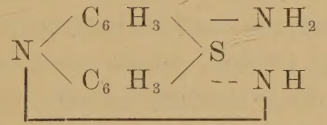
ein Schwefel haltiger Farbstoff, der sich nach Bernthsen[1]) — diesem Forscher verdanken wir die Aufklärung über die chemische Konstitution unseres Körpers — vom Thiodiphenylamin:



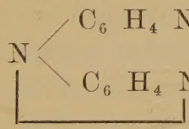
ableitet. Seinem salzsauren Salz kommt die Formel



zu. Durch Körper, die sich nur in den seitlichen basischen Gruppen vom Methylenbau unterscheiden wie Thionin (Lauth'sches Violett)



Dimethythionin Methylenviolett etc. gelang es noch Nerven (besonders im Herzen) darzustellen. Ganz anderen Gesetzen in seiner Verteilung in den Organen des lebenden Körpers und in der Färbung verschiedener Gebilde folgte das Binschedler'sche Dimethylphenylengrün:



das mit Ausnahme der mangelnden S bindung der beiden Benzolreste völlig dieselbe Zusammensetzung hat wie das Methylenblau. Dieser festen Verbindung der Benzole durch den Schwefel, der gewissermassen eine Konsolidirung des Körpers herbeiführt (Methylenblau ist sehr beständig, der grüne Farbstoff leicht zersetzlich, daher auch technisch nicht verwertet) müssen wir daher auch bei der Nervenfärbung die wichtigste Rolle zuerkennen.

Diese neue Methode gestattet es, die feinsten Ausbreitungen des Axencylinders auf der Höhe des Lebens in völlig frischem

---

[1]) Studien in der Methylenblaugruppe. Verhandlung des Naturhist. medic. Vereins in Heidelberg. N. F. III. Bd. 4. Heft. Hier sind die früheren Arbeiten desselben Autors angeführt.

noch funktionsfähigem Zustande zu untersuchen. Ferner zeichnet sie sich dadurch vor der Goldmethode aus, dass sie an gewissen Stellen viel mehr zu zeigen im Stande ist als diese. Die Darstellung der Nervenfasern durch Gold beruht — wie oben auseinandergesetzt — auf der diesen Elementen zukommenden hervorragenden Reduktionskraft. Haben die Gebilde, innerhalb deren oder auf deren Oberfläche die letzten Ausbreitungen des Axencylinders sich befinden, diese Fähigkeit in gleichem Maasse, so kann eine differenziirte Färbung nicht zu Stande kommen. Auf diese Weise sind besonders die centralen Endigungen der Nerven, d. h. die Verbreitung derselben auf der Oberfläche gewisser Ganglienzellen unserer Erkenntnis bis jetzt völlig entgangen.

Da es sich bei unseren Untersuchungen um die Verfolgung gefärbter Elemente handelt, so ist nach den von Koch aufgestellten Prinzipien die Anwendung vervollkommneter Beleuchtungsapparate (Abbé) unbedingt geboten und lernt man hier wie kaum auf einem anderen Gebiete die Nützlichkeit derselben schätzen. So kann man in vielen Organen alle übrigen Elemente zum Verschwinden bringen, um dafür — ähnlich wie bei injicirten Organen eine Darstellung des Gefässsystems — das Bild der Nervenverzweigungen selbst in den feinsten Details zu erhalten. Dabei enthüllt sich dem staunenden Auge fast überall ein solch' unendlicher Reichtum an nervösen Elementen, wie man ihn bisher wohl kaum zu ahnen vermochte. Es giebt gewisse Stellen im Körper, die ihre makroskopisch intensiv blaue Färbung ausschliesslich den tingirten Nerven verdanken (Zungenpapillen). Dabei ist jedoch nicht zu vergessen, dass in einigen Organen (Drüsen, glatte Muskulatur etc.) sich daneben noch gewisse andere Bestandtheile blau färben. Dies kommt jedoch bei den von uns untersuchten Theilen nur wenig in Betracht.

Neben diesen ausführlich gewürdigten Vorzügen der Methylenblauinfusion bietet dieselbe in der Handhabung ausserordentlich grosse Schwierigkeiten, die in ihrer eigenartigen Natur begründet sind. Die Färbung stellt jedesmal ein am lebenden Tier vorzunehmendes physiologisches Experiment dar, das seine eigenen Ansprüche an den Untersucher macht. Auch bei den

späteren Beobachtungen müssen besondere Forderungen erfüllt werden. Da es sich um lebensfrische Gewebe handelt, die wir studieren, so müssen wir auch mit ihren vitalen Eigenschaften rechnen, deren Effekt in diesem Falle für uns wenig förderlich ist. Wie Ehrlich[1]) gezeigt hat, entfalten viele Organe schon intra vitam beträchtliche reduzirende Kräfte. Verlieren die Gewebe des Körpers vollends ihren immer reichlich O spendenden Mutterboden — sei es durch den Tod des Gesammtorganismus oder durch mechanische Loslösung von demselben, — so werden sie sämmtlich zu ausserordentlich grossen Reduktionsleistungen befähigt, zumal wenn der Luftsauerstoff nicht freien Zutritt zu ihnen hat. Diese Verhältnisse spielen hier eine grosse Rolle. Das Methylenblau ist ein sogenannter küpenbildender Farbstoff. Durch reduzirende Agentien wird er verhältnismässig leicht, indem zwei H-Atome aufgenommen werden, zu Lenkomethylenblau reduzirt, welcher Körper sich bei Luftzutritt wieder von selbst in sein blaues Oxydationsprodukt verwandelt. Während des Lebens sind die Nerven so gut mit O versorgt, dass sie das von ihnen aufgenommene Methylenblau nicht zu reduziren vermögen. Nach dem Tode des Tieres werden dieselben wie fast alle übrigen blau gefärbten Elemente farblos, d. h. nachdem die Zufuhr der natürlichen O-spender aufgehört hat, wachsen die O anziehenden chemischen Affinitäten des Protoplasmas derart, dass sie den Sauerstoff wie früher dem Oxyhämoglobin, jetzt dem Methylenblau zu entziehen im Stande sind. Jedoch nehmen die farblosen Gewebe in specie also die Nerven, wenn sie — zumal in dünnen Schichten — der Luft ausgesetzt werden, ihre ursprünglich blaue Farbe wieder an, was in der oben geschilderten Eigenschaft unseres blauen Farbstoffs begründet ist. Durch diesen Vorgang, den man bezeichnend den Prozess der secundären Oxydation nennen kann, erhalten wir meist noch recht gute und anschauliche Bilder von den Endausbreitungen der Nerven. Doch sind dieselben nie so vollkommen, als wenn wir Gewebsstücke mit den primär blau gefärbten Nerven dem lebenden Tiere resp. momentan nach Eintritt des Todes, wenn

---

[1]) Das Sauerstoffbedürfnis des Organismus, Berlin 1885.

die Reduktion noch nicht eingetreten ist, exstirpieren. Bedecken wir solche Präparate zur Betrachtung mit stärkeren Objektiven (Immersionssystemen) mit einem Deckglase und behindern so den Zutritt der Luft zu dem Objekte, so können wir mikroskopisch verfolgen, wie die in ihm enthaltenen Nerven sich entfärben, verblassen, schliesslich völlig verschwinden. Allein eine kleine Randzone bleibt blau und hier erhalten sich auch die Nerven. Entfernen wir das Deckglas, so regenerirt sich wieder das ursprüngliche Bild, aber nur selten in seiner früheren Schönheit. — Dieser Vorgang des Verschwindens der Nerven nach Bedeckung der Präparate geht bei den O-bedürftigen, schneller reduzirenden Geweben der Warmblüter, mit denen wir uns hier hauptsächlich beschäftigen werden, bedeutend schneller vor sich als bei Kaltblütern, wo doch etwas mehr Zeit zur Betrachtung und Analysierung bleibt.

Handelt es sich also um nicht an der Oberfläche gelegene Organe, so müssen dieselben womöglich schon einige Augenblicke nach der Tötung des Tieres präparirt, excidirt und zur mikroskopischen Betrachtung vorbereitet sein. Und bei dieser selbst muss man in kurzer Zeit das Wichtigste erkennen und erfassen lernen. — Noch viel schwieriger ist es natürlich, in der kurzen Zeit exacte Zeichnungen des Gesehenen anzufertigen. Oft gelingt es nur in skizzenhafter Weise die betreffenden Verhältnisse zu fixieren.

In Anbetracht der grossen Schwierigkeiten dieser Untersuchung ist es erklärlich, dass in den unten mitgeteilten Beobachtungen nur eine kleine Reihe von Organen berücksichtigt ist. Aus äusseren Gründen musste die Auswahl der zur Verwendung kommenden Tierspecies eine sehr beschränkte sein. Mit Ausnahme der Froschversuche über die in dem zweiten Abschnitt berichtet ist, wurden unsere Untersuchungen nur an Kaninchen angestellt. Zur Infusion wurde stets chemisch reines Methylenblau benutzt (das im Handel vorkommende Product ist das Zinkdoppelsalz des Methylenblau). Ein Gramm wurde in 400 Cubikcent physiologischer Kochsalzlösung (0,6%) gelöst. Von dieser $^1/_4$% Lösung vertrugen die Tiere je nach ihrer Grösse 40—90 Cubikcent. Die Infusion geschah meist von der Vena cruralis aus.

A. Ganglienzellen des Sympathicus.

Seit der Entdeckung der Ganglienzellen durch Purkinje ist eine grosse Reihe von Arbeiten über die sympathischen Ganglienzellen erschienen. Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, eine vollständige Zusammenstellung der einschlägigen Literatur zu liefern, zumal da uns hier dieselbe nur insoweit interessirt, als sie die nervösen Fortsätze derselben behandelt.

Bekanntlich stehen die sympathischen Ganglienzellen der Amphibien — speciell was ihre Ausläufer anbelangt — in einem völligen Gegensatz zu denen der Säugetiere. Nach der fast gleichzeitigen Entdeckung von Beale[1]) und Arnold[2]) sind die sympathischen Ganglienzellen des Frosches bipolar. In der Umgebung der gerade verlaufenden Faser, die in gewöhnlicher Weise aus der Zellsubstanz entspringt, entwickelt sich eine zweite, meist dünnere, die sich in mehrfachen Spiralturen um jene herumwindet und sich erst in einiger Entfernung von ihr trennt.

Ueber die Natur der Fortsätze dieser sympathischen Ganglienzellen gelang es dann Axel Key und G. Retzius[3]) die interessante Thatsache zu eruiren, dass die Spiralfaser nach bald längerem, bald kürzerem Verlauf sich mit Mark bedecke, während die gerade Faser marklos bleibt[4]). Dieser gerade Fortsatz soll sich dann nach Schwalbe[5]) später teilen und verästeln, so dass wir für die Ausläufer der sympathischen Ganglienzellen ein ähnliches Verhältniss hätten wie bei den grossen multi-

---

1) Beale: (Philosophical Transactions of the Royal Society of London, f. the pear 1863 Vol. 153, Part. II.) fand die Ganglienzellen mit Spiralfaser im Grenzstrange des Sympathicus.

2) Arnold (Virch. Arch. 1863 Bd. 28) an den Nervenstämmchen der Froschlunge.

3) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes II. Teil. Stockholm 1876.

4) Diese merkwürdige Entdeckung ist immer noch nicht so allgemein bekannt, wie sie es verdient. Selbst in Lehrbüchern finden sich falsche Angaben. So führt Landois in der fünften Auflage seines Lehrbuches des Physiologie (Wien und Leipzig 1886) Seite 643 und 647 die gerade Faser als unverästelten Axencylinderfortsatz an.

5) Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881. S. 985. Anmerkung.

polaren Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks mit ihren verästelten Protoplasmafortsätzen und dem später sich mit Mark bekleidenden Axencylinderfortsatz. — In den sympathischen Ganglien der Säugetiere finden sich multipolare von einer Schwann'schen Scheide umgebene Zellen. Key und Retzius geben an, dass die Fortsätze sämmtlich zu blassen marklosen Fasern werden, während Schwalbe[1]) auf Grund des Befundes bei Fröschen und einiger directer Beobachtungen am Katzensympathicus geneigt ist anzunehmen, dass auch unter diesen Ausläufern ein dem Deiters'schen Axencylinderfortsatz entsprechender sich befinde, welcher sich durch mangelnde Teilung und Bedeckung mit einer Myelinscheide vor den übrigen auszeichnet.

Während man also über das weitere Schicksal der nervösen Ausläufer der sympathischen Ganglienzellen zu ziemlich befriedigenden Ergebnissen gelangte, war dies durchaus nicht der Fall mit der Frage nach dem Ursprung resp. der Endigung der Nervenfasern in den Zellen selbst, obgleich vielfache Angaben hierüber vorliegen. Arnold[2]) veröffentlichte in seinen späteren Arbeiten über die Ganglien-Zellen des Sympathicus folgende Beobachtungen: Die umspinnende Faser entsteht aus einem gleichmässigen regulären Maschenwerke an der Oberfläche der Zelle. Dieses hängt mit einem feineren Netzwerk im Inneren derselben zusammen, das seinen ersten Anfang im Nucleolus nehme. Bis hierher soll sich dann auch die gerade Faser verfolgen lassen. Andere Forscher (Courvoisier[3]), Kollmann und Arnstein[4]) bestätigten teils resp. modificirten diese Anschauungen, teils wurde ihnen widersprochen und die Bilder Arnolds für Kunstproducte erklärt. So vermutete schon Fräntzel[5]), dass die Netzzeichnung

---

1) Ibid. S. 985 und Arch. f. mikr. Anat. Bd. IV. 1868.

2) Virch. Arch. Bd. 32, 1865 u. Bd. 41, 1867.

3) Arch. f. mik. Anat. Bd. II. 1866. In einer späteren Arbeit: Ueber die Zellen der Spinalganglien sowie des Sympathicus. Arch. f. mik. Anat. Bd. IV. 1868 hält dieser Autor das Fadennetz an der Oberfl. nicht mehr aufrecht.

4) Ueber d. Ganglienzellen des Sympathicus. Ztschrft. für Biologie Bd. II. 1866 p. 271.

5) Virch. Arch. Bd. 38. 1867.

auf der Oberfläche der Zellen von den Conturen der Epithelien einer dieselben umhüllenden Scheide herrühre, die man durch Silberbehandlung aufs deutlichste darstellen kann. Neuere Autoren (Key und Retzius[1]), Ranvier[2]) gelang es selbst durch Anwendung des Goldchlorids (Ranvier) nie einen Zusammenhang einer Faser mit Oberflächennetzen zu beobachten. Ehrlich[3]) entdeckte dann mit Hülfe der Methylenblaumethode bei Fröschen die Endverbreitung der Spiralfaser auf der Oberfläche des Ganglienzellkörpers. Diese Endverästelungen entsprechen durchaus nicht den von Arnold gezeichneten Bildern und hat dieser Forscher sie ebenso wenig wie die späteren Autoren zu Gesicht bekommen. Durch Teilung der Spiralfaser entstehen feine Fibrillen, die nicht in regelmässiger Weise die Zelle umspinnen, sondern indem bald hier, bald dort sich kürzere oder längere Fortsätze ablösen, welche wieder secundär mit einander in Verbinduug treten können, — kommen ebenso elegante wie wechselvolle Bilder zu Stande, deren Einzelheiten nur schwer zu schildern sind. Die feinen Aestchen enden sämmtlich an der Oberfläche der Zelle mit knopfförmigen Terminalanschwellungen. Der gerade Fortsatz und der Zellkörper bleiben farblos, während jene Spiralfaserendigung deutlich blau gefärbt hervortritt. Auf Grund dieser Thatsache gelangt Ehrlich zu folgender Anschauung über die Functionen der Fortsätze der sympathischen Ganglienzellen. „Schon die tinctoriale Differenz spricht dafür, dass die umwundene Faser der centripetalen, die gerade Faser der centrifugalen Leitung gewidmet sei und wird Jeder, der einmal derartige Bilder gesehen hat, unwillkürlich zur Annahme gedrängt, dass diese auf der Oberfläche der Zelle applicirte Endigung ihr Analogon in den Nervenendigungen der quergestreiften Musculatur finde und sich von diesem Schema nur durch höhere Ausbildung unterscheide. Wir gelangen daher zu der Vorstellung, dass durch die umwundene Faser Reize zu-

---

[1]) l. c.

[2]) Leçons d'anatomie générale. Appareils nerveux terminaux des muscles de la vie organique Paris 1880 u. Techn. Lehrb. der Histologie. Ueb rsetzt von Nicati und von Wyss, S. 778, Leipzig 1882.

[3]) l. c.

geführt, die auf die Ganglienoberfläche mit Hülfe der Endausbreitung ziemlich gleichmässig projicirt werden. Während die Muskelfaser auf diese Entladung durch Contraction antwortet, reagirt die Ganglienzelle in ihrer specifischen Weise durch einen sich in der geraden Faser nach Aussen fortpflanzenden Erregungsvorgang.“ —

Nach diesem Befunde an den sympathischen Ganglienzellen des Frosches war es von grösstem Interesse zu untersuchen, ob die Oberflächenendigung ebenso wie die Spiralfaser den Amphibien eigentümlich sei oder ob sich bei Säugetieren analoge Verhältnisse finden. Ich begann meine Studien mit dem Gangl. symp. cervicale supremum, das ich bei gut mit Methylenblau injicirten Kaninchen entweder intra vitam oder sofort nach dem Tode in grösster Schnelligkeit exstirpirte. Man findet dasselbe dann makroskopisch von ziemlich intensiv blauer Farbe. Untersucht man dasselbe bei schwacher Vergrösserung (Zeiss C.) in toto, so finden sich die ein- und austretenden Nervenfasern fast insgesammt blau gefärbt. Innerhalb des Ganglion selbst sieht man meist reichhaltige, deutlich varicöse Nervenfaserzüge, die netzartig angeordnet sind. Im Innern der Maschenräume erscheinen rundliche hellere Stellen, die jedoch auch nicht völlig frei sind von spärlichen, scheinbar über sie hinwegziehenden Nervenfasern. Wendet man stärkere Objective an, so sieht man einen ausserordentlichen Reichtum von varicösen blauen Fasern, die in verschiedenen Bogenturen die ungefärbten Zellen umspinnen und oft sich teilend mit Endknöpfchen von der Grösse der Varicositäten zu enden scheinen. Nur selten kann man an diesen Präparaten das nähere Verhältniss dieser feinen Nervenausbreitungen zu den Ganglienzellen genau feststellen, da hier meist so viele Schichten über einander liegen, dass die Bilder kaum zu entwirren sind. An der Eintrittsstelle der Nerven in das Ganglion und am Rande desselben findet man jedoch auch hier manches Mal Stellen, an denen man das unten beschriebene Verhalten der Nervenendausbreitung deutlich konstatieren kann. Oft erhält man auch bessere Präparate durch Abtragen kleiner Stücke des Ganglions mit einer feinen Scheere. Mit Zerzupfung desselben vermittelst Nadeln kommt man nicht

weiter. Abgesehen von sonstigen mechanischen Insulten werden die natürlichen Beziehungen und Verbindungen zwischen den einzelnen Zellen hierdurch zerstört. Ferner ist eine Isolation einzelner wohlerhaltener Zellen aus dem frischen Ganglion fast unmöglich. Eingreifende chemische Reagentien — von deren Anwendung hier natürlich keine Rede sein kann — sind notwendig, um den festen, bindegewebigen Zusammenhang zwischen den einzelnen Elementen zu lockern.

Obgleich ich also schon beim Studium dieses Ganglions zur Erkenntnis einer jedenfalls bestehenden Oberflächenendigung gekommen war, so bekam ich doch einen leichteren und besseren Einblick in diese Verhältnisse bei der Untersuchung der grossen sympathischen Bauchganglien des Kaninchens. Während das Gangl. cervicale nur bei sehr gut gelungener Injection befriedigende Färbung zeigt, so liefern diese Ganglien (Ggl. coeliac. sup. u. infer.[1]) wegen ihrer bevorzugten Lage dicht über der Vena cava infer. fast stets vollkommene Bilder. Die Präparation, die auch hier sofort nach dem Tode des Tieres mit der grössten Beschleunigung vorgenommen wird, ist ausserordentlich einfach. Sie geschieht am besten so, dass man nach breiter Eröffnung der Bauchhöhle die ganze Masse der Eingeweide mit der Leber nach der rechten Seite des Tieres hinüberschlägt und das sich spannende Peritoneum mit einigen Messerschnitten über den grossen Gefässen — womöglich ohne diese zu verletzen — durchtrennt. Dann präsentiren sich sofort auf der Vena cava — ungefähr in der Höhe der linken Nebenniere — die gesuchten Ganglien. Ist man nicht zu langsam vorgegangen, so findet man dieselben stets intensiv verbläut. Man erkennt aufs Schönste ihre Verbindungen unter einander und die blau gefärbten, zu ihnen tretenden Nerven. Hat man etwas länger gezögert, so findet man die Ganglien und die Nerven farblos und verbläuen dieselben erst an der Luft. —

Man exstirpirt zunächst das Gangl. stellatum (Ggl. coeliac. sup.), während die anderen behufs etwaiger späterer Untersuchung innerhalb des Tierkörpers der Luft ausgesetzt belassen

[1]) Vergl. Krause Anatomie des Kaninchen. Leipzig 1884, S. 353.

werden. Von diesem Ganglion trennt man dann am besten die abgehenden Nerven mit kleinen Stücken des sich nach diesen Richtungen hin verschmächtigenden Ganglienkörpers ab und untersucht dieselben gesondert. Oft findet man dann in diesen Teilen am Ursprunge der Nerven und zwischen denselben völlig gesonderte, gewissermassen abgeirrte einzelne Ganglienzellen. (Es herrschen hier übrigens individuell grosse Verschiedenheiten.) Stets sind dieselben hier so zu übersehen, dass man in einer völlig befriedigenden Erkenntniss der Nervenendigung gelangt. Gute Resultate erhält man oft auch, wenn man von der Oberfläche des eigentlichen Ganglienkörpers kleinere Partikel mit der Scheere abschneidet. —

Man findet die kugligen oder spindelförmigen Zellkörper farblos und jede mit einem direkt aus dem Protoplasma derselben hervorgehenden ungefärbten, blassen Fortsatz ausgestattet. (Um dies zu konstatiren, muss man natürlich die Blenden des Beleuchtungsapparates anwenden.) Auf diesem Zellkörper findet sich eine ausserordentlich schöne Oberflächendigung, die im Einzelnen ein höchst wechselvolles Ansehen hat. Wir wollen uns bemühen den Grundtypus derselben zu schildern. Diese Endverästelung wird selten von einer, meist von 2—3 sehr feinen blau gefärbten Nervenfasern gebildet, die man eine Strecke weit verfolgen kann, bevor sie zu der Zelle treten. Diese Fortsätze zusammen mit dem farblosen verleihen derselben den multipolaren Charakter. Wie schon früher bekannt war, findet keine Regelmässigkeit in der Art und der Stelle des Abganges oder wie wir besser sagen des Zutrittes zu der Zelle statt. Vielfach konnten wir beobachten, wie ein oder zwei blaue Nervenfäserchen in Begleitung und paralell dem farblosen Fortsatz zu dem Zellkörper traten. Ja nicht selten fanden wir, dass einer der blauen Fortsätze sich in einer schönen Spirale um den farblosen herumwand manchmal dicht am Abgange von der Zelle, oft auch erst in einiger Entfernung davon. Fast um alle Zellen finden sich meist in einem ihrer grössten Kreise blaue Windungen, die von einem oder zwei der zutretenden Fortsätze gebildet werden. Von diesen Rundturen gehen dann an verschiedenen Punkten Reiserchen ab, welche an einer

Stelle, indem sie sekundäre Verbindungen mit einander eingehen ein dichtes Maschenwerk an der Oberfläche der Zelle bilden können. So weit man die einzelnen Fasern getrennt verfolgen kann, enden dieselben hier sämmtlich mit kleinen, intensiv blau gefärbten Endknöpfchen. —

Noch komplicirtere als die eben beschriebenen Bildungen kommen vor. So sieht man z. B. von unten ein oder zwei Nervenfibrillen hinzutreten, hier mehrere Aestchen abgehen, die teils im unteren Teil der Zelle bald mit kleinen Knöpfchen endigen, teils in der Mitte derselben emporsteigen um hier erst ihre Terminalanschwellungen zu finden. Nach Abgabe dieser Fäserchen steigen jene Fibrillen kranzförmig an der Peripherie der Zellen empor, geben von oben Reiserchen ab, die auf derselben bis zur Mitte hinunter kommen und in der Nähe jener von Unten gekommenen Aeste ihre Endknöpfchen bilden. An einer anderen Stelle der Zellperepherie treten dann nicht selten noch ein oder zwei andere blaue Nervenfasern heran, die ihre sich teilenden Fortsätze an die Oberfläche entsenden. Dieselben formieren dann — noch mit Aesten von jener ersten Nervenfaser zusammen — ein dichteres Netzwerk. — Man kann sich vielleicht so einen Begriff machen von der verschiedenartigen Anordnung der Endausbreitung, die auf diese Weise entsteht.

Noch schwieriger zu analysiren sind die Bilder dadurch, dass alle diese feinen Nervenfasern nicht gleichmässige Fibrillen darstellen, sondern einen exquisit varicösen Charakter haben. Die intensiv blauen kugel- oder ellipsoïdförmigen Varicositäten finden sich oft mehrfach dicht neben einander oft durch längere Zwischenräume getrennt. Dieselben sind im Verhältnis zu den eigentlichen Fasern — die sie gewissermassen nur zu verbinden scheinen — von beträchtlicher, jedoch auch wechselnder Grösse Die blauen Fibrillen sind namentlich kurz vor ihrer Endigung oft von einer wunderbaren Feinheit, so dass sie gerade mit einer guten Oelimmersion erkannt werden können. —

Ein Verhältnis, das man an geeigneten Objekten nicht selten beobachten kann, scheint mir von nicht geringer Wichtigkeit zu sein. Es finden sich nemlich direkte Verbindungen der Endausbreitungen benachbarter Ganglienzellen (vergl. Fig. 4). An

verschiedenen Punkten — besonders jedoch an jenen dichteren Stellen — können zur Konstitution des Oberflächenendnetzes Reiserchen beitragen, die sich von der Endausbreitung einer nebenliegenden Zelle abgelöst haben. Manches Mal sieht man Nervenfasern zu einer Zelle hinzutreten, eine Strecke weit an der Oberfläche derselben verlaufen, hier Fortsätze absenden und schliesslich in die Endverästelung einer zweiten Zelle eingehen. Meist scheinen jedoch jene Anastomosen zwischen den Nervenendigungen benachbarter Zellen einfache Verbindungsfäden darzustellen. –

Dieser sicher konstatirte Zusammenhang einzelner Oberflächenendigungen ist für eine Theorie der Function derselben nicht ohne Interesse. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir uns der von Ehrlich für die sympathischen Ganglienzellen des Frosches entwickelten Ansicht anschliessen, die blau gefärbten Fasern für die centripetalleitenden ansehen und die Ramificationen auf der Oberfläche der Zellen als einen ähnlich der Nerv-Muskelendigung gebauten Apparat betrachten, der geeignet und bestimmt ist, durch zugeführte Reize die Ganglienzellen in ihre specifische Thätigkeit zu versetzen, welche sich in einer, irgendwie producirten Erregung des farblosen Fortsatzes kund giebt. Nehmen wir an, dass bei grösserer Intensität der zugeleiteten Reize dieselben bei der Entladung auf der Oberflächenausbreitung gewissermassen nicht Platz finden, sondern durch die Anastomosen auf benachbarte Zellen überspringen und auch diese erregen, so haben wir auf einfache Weise ein Verständnis gewonnen für die Zunahme der Wirkung bei gesteigerten Reizen. Denn je mehr Ganglienzellen und sympathische Fasern in Thätigkeit geraten, um so energischer wird die Kraftentfaltung sein. —

Es ist uns also gelungen, eine Oberflächenverbreitung der Nerven auf den sympathischen Ganglienzellen und eine Differenz zwischen den Fortsätzen derselben beim Kaninchen zu entdecken. Man darf wohl annehmen, dass dieselben Verhältnisse sich auch bei anderen Säugetieren finden.[1]) Es schwindet damit jener

[1]) Ich behalte mir für eine spätere Arbeit vor, die symp. Ganglienzellen bei anderen Tieren daraufhin zu studieren.

principielle Gegensatz, den man bisher zwischen den sympathischen Ganglienzellen der Amphibien und der Säugetiere aufstellen musste und es kommt hier wie überall bei näherem Studium die Einheit in der Natur zur Geltung. Die Endramification der Nerven auf dem Zellkörper ist das Characteristicum der sympathischen Ganglienzellen aller höheren Wirbeltiere. — Im Sympathicus des Frosches hat man Zellen ohne Spiralfaser gefunden. Andererseits sind gewisse Eigenheiten im Verlauf der blauen Nervenfortsätze beim Kaninchen der Spiralfaser der Batrachier analog. Es gelang mir — wie oben mitgeteilt — einige Male auch hier direct spiralige Umwindungen des farblosen Fortsatzes durch blaue Fasern zu beobachten (vergl. die Abbildungen). Ferner finden sich an sehr vielen Ganglienzellen Umkreisungen des Zellkörpers durch Nervenfibrillen, nur sind dieselben meist an der grössten Peripherie der Zelle, während sie beim Frosch mit grosser Constanz an dem sich verschmächtigenden Pole des Zellkörpers — dort wo die farblose Faser entspringt — liegen. So giebt es auch in der näheren Art der Verbreitung der Nerven auf der Oberfläche der Ganglienzellen noch gewisse Aehnlichkeiten.

B. Ganglienzellen des Herzens.

Seit dem Erscheinen der klassischen Arbeiten von Remak,[1]) Ludwig[2]) und Bidder[3]) sind die Ganglienzellen des Froschherzens von mehreren Seiten eingehend untersucht worden. Nach Kölliker und Dogiel[4]) sind die Ganglienzellen der Herznerven des Frosches unipolar. Beale[5]) beobachtete auch hier

[1]) Neurolog. Erläuterungen. Müller's Archiv 1844, S. 463.

[2]) Ueber die Herznerven des Frosches. Müller's Arch. 1848, S. 130.

[3]) Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen. Müllers Arch. 1852, S. 163. Spätere Arbeit desselben Autors: Zur näheren Kenntnis des Froschherzens u. seiner Nerven. Arch. v. Reichert u. du Bois-Reymond, 1866 p. 1.

[4]) Ganglienzellen des Herzens bei verschiedenen Tieren und beim Menschen. Arch. f. mik. Anat., Bd. 14, p. 470. 1877.

[5]) l. c.

Ganglienzellen mit gerader und Spiralfaser (ebenso Friedländer.[1]) Genaue Untersuchungen über Herznerven- und Ganglien des Frosches stellte Ranvier[2]) an. Im Venensinus und der Vorhofscheidewand fand er die an den dort verlaufenden Nerven zerstreut liegenden Ganglienzellen mit umwundener Faser versehen. In Betreff der Bidderschen Ganglien (an der Vorhof-Ventrikelgrenze) sagt er S. 122 des unten citirten Werkes Folgendes: J'avoue, qu'il m'est absolument impossible de dire si ces cellules possèdent ou nou des fibres spirales. In seinem technischen Lehrbuch der Histologie[3]) giebt derselbe Autor an, dass in den Bidder'schen Ganglien spindelförmige Zellen vorherrschen, welche an beiden Enden Fortsätze aussenden. — Auch wir haben vermittelst der neuen Methode die Ganglienzellen des Froschherzens untersucht. Doch war unser Standpunkt ein viel günstigerer, da wir in der charakteristischen, leicht darzustellenden Oberflächenausbreitung ein zweifelloses Merkmal für die sympathische Natur von Ganglienzellen hatten (die etwa noch in Frage kommende Oberflächenendigung auf den Spiralganglienzellen des Frosches ist sehr schwer darzustellen und überhaupt ganz anders geartet.) Ehrlich[4]) führt schon den Befund von Ganglienzellen mit Endramification von der Vorhofscheidewand des Frosches an. Dieses kann ich zunächst bestätigen. Man erhält hier oft sehr instructive Präparate, in denen die Herznerven schön blau gefärbt sind und die mit ihnen verbundenen Ganglienzellen mit deutlichen Endausbreitungen auf ihrer Oberfläche versehen. In dem Bidder'schen Ganglienhaufen konnte ich nie — bei vielfacher Untersuchung an gut injicirten Fröschen — eine Spur einer Oberflächenendigung auf den Zellen entdecken. Dieselben gehören also jedenfalls nicht zum sympathischen System. —

Ueber die Natur der Ganglienzellen im Säugetierherzen ist sehr wenig bekannt. Ein irgendwie sicheres Kennzeichen

---

[1]) Herzganglienzellen des Frosches, Untersuchungen aus dem physiolog. Institut zu Würzburg, II. Heft. Leipzig, 1867.

[2]) Leçon d'Anatomie générale. Appareils nerveux terminaux des muscles de la vie organique. Paris 1880.

[3]) Uebersetzt von Nicati und von Wyss. S. 779.

[4]) l. c.

der sympathischen Ganglienzellen bei Säugetieren gab es bisher nicht. Nur für Kaninchen war ein allerdings nicht ganz constantes und sicheres Merkmal aufgefunden worden. Wie nemlich Guye [1]) und Schwalbe [2]) beobachtet haben, sind die sympathischen Ganglienzellen dieser Tiere durch den Besitz zweier Kerne ausgezeichnet. Ranvier [3]) berichtet über eine unter Benutzung dieser Thatsache von Vignal ausgeführte Untersuchung der Herzganglien des Kaninchen. (Dass die 2kernige Natur der symp. Ganglienzellen des Kaninchen schon lange vorher bekannt war, wird hier allerdings nicht erwähnt.) Danach besitzen die Ganglien der Vorhöfe eine grosse Zahl von Nervenzellen mit zwei Kernen, während die mit den Herznerven in der Gegend der Auriculo-ventricularfurche verknüpften Ganglien sowie diejenigen im oberen Teil der Ventrikel Zellen mit einem Kern enthalten. —

Erst jetzt nach der Erkenntniss der pränanten Oberflächenausbreitung auf den sympathischen Ganglienzellen der Säugetiere können auch hier allgemein Untersuchungen über die Natur der Herzganglien mit Aussicht auf Erfolg angestellt werden. Wir selbst haben bisher nur das Herz des Kaninchen nach Methylenblauinfusion daraufhin studirt. Es wurden möglichst bald nach dem Tode des Versuchstieres kleinere Stücke aus der Vorhofscheidewand und der Wand der Vorhöfe des intensiv blauen Herzens — es färben sich ausser den Nerven bestimmte Muskelfasern sehr stark — excidirt. Dieselben wurden zunächst bei schwacher Vergrösserung (Zeiss C.) durchmustert. Aufs deutlichste treten dann schon die Ganglienzellen mit ihren blau gefärbten eleganten Nervenendigungen hervor. Dieselben finden sich fast stets in der Nachbarschaft grösserer Nevenfaserzüge. Diese Stellen werden durch Scheerenschnitte besser isolirt und dann mit stärkeren Objectiven (Oelimmersion) betrachtet. So erhält man typische, unzweideutige Bilder von Oberflächenausbreitungen der Nerven auf den Ganglienzellen. (Vergl. Fig. 5.) Man

---

[1]) Centralblatt f. d. med. Wissenschaft 1866 No. 56.

[2]) Ueber den Bau der Spinalganglien nebst Bemerkungen über die symp. Ganglienzellen Arch. f. mikr. Anat. Bd. IV. 1868.

[3]) Techn. Lehrb. Deutsche Uebersetzung S. 780 u. 81.

hat bei dem Studium derselben nicht mit den Schwierigkeiten zu kämpfen wie bei den grossen Ganglien des Sympathicus; denn es finden sich hier stets ganz vereinzelte, isolirte Ganglienzellen oder kleine Häufchen derselben in einfacher Schicht nebeneinander und gelingt es stets die Bilder der Endverzweigungen leicht zu analysieren. Wie in den oben geschilderten Zellen sieht man auch hier varicöse Nervenfasern unter Abgabe von seitlichen Aesten die Zellkörper umschlingen. Alle Fäserchen endigen schliesslich an der Zelloberfläche mit knopfförmigen Endanschwellungen. Oft sind die Bilder dadurch von jenen, die wir aus den grossen sympathischen Ganglien erhielten, verschieden, dass die Varicositäten der Fäserchen der Endverzweigung und die Terminalanschwellungen etwas grösser und plumper sind wie dort; dieselben sind nicht immer kugelig oder ellipsoïd, sondern es kommen auch polygonale Gebilde vor. Diese Differenzen sind jedenfalls ganz untergeordneter Natur.

Auf gleiche Weise untersuchte ich Stücke von dem Ventrikelseptum, von der Atrioventricular grenze und von anderen Stellen der Ventrikelwand. Trotz genauer Durchforschung konnte ich hier niemals Zellen mit nervöser Oberflächenramification entdecken. Aus diesen Beobachtungen können wir den Schluss ziehen, dass die Ganglienzellen in den Vorhöfen des Kaninchenherzens bestimmt sympathischer Natur sind, während die Ganglien des Ventrikels keine sympathischen Zellen enthalten.

C. Ueber die Spinalganglienzellen.

Die Zellen der Spinalganglien der höheren Wirbeltiere (von den Amphibien an) sind unipolar[1]). Ihr Fortsatz, der bald mit Nervenmark umkleidet wird, zeichnet sich nach der schönen Entdeckung Ranviers[2]) dadurch aus, dass er nach bald kürzerem, bald längerem Verlauf sich in zwei Aeste gabelt (Tubes en T.).

1) Schwalbe, Arch. f. mik. Anat. Bd. IV. 1868.

2) Des tubes nerveux en T. et de leurs relations avec cellules ganglionnaires Compt. rend. T. 81 No. 25.

Nach Methylenblauinfusion sah Ehrlich[1]) bei Fröschen diese blau gefärbte Nervenfaser vermittelst eines kurzen fibrillären Zwischenstückes an der farblosen Zelle scharf abgesetzt enden. Ausserdem entdeckte er eigentümliche Oberflächenendigungen in ihrem Bau, völlig verschieden von denen an sympathischen Ganglienzellen. Die dieser Endausbreitung entsprechenden Nervenfasern konnten nicht weiter beobachtet werden.

Wenn Ehrlich die ausserordentlichen Schwierigkeiten, mit denen die Untersuchung der Spinalganglien beim Frosch verknüpft ist, hervorhebt, so gilt dies in bedeutend erhöhtem Maasse noch für die Spinalganglien des Kaninchens, und ist es mir daher bis jetzt nicht gelungen zu abschliessenden Resultaten zu gelangen. Einer späteren Arbeit muss ich es vorbehalten, auf diesen Punkt noch einmal zurückzukommen. Da die Spinalganglien nicht schnell genug zu erreichen sind, so findet man sie bei der Präparation post mortem stets reducirt und man muss sich mit den Ergebnissen der secundären Oxydation begnügen, welche nur dann einigermassen befriedigend ausfallen, wenn sehr grosse Mengen Methylenblau infundirt worden sind. Man erhält dann folgende Bilder: Viele der in das Ganglion eintretenden Nervenfasern sind blau gefärbt; die Ganglienzellen selbst sind farblos. Die Endigungen der markhaltigen Fasern an den Ganglienzellen sind meist tingirt und stellen sich als ziemlich dicke blaue Fäden dar, die constant, bevor sie an den Zellkörper herantreten, spiralige Turen oder komplizirtere Windungen eingehen. Dieses Verhältnis ist schon von Key und Retzius[2]) beobachtet und abgebildet, jedoch bis jetzt wohl kaum genügend beachtet worden. Dieser eigenartige geschlängelte Verlauf vor ihrer Endigung scheint sämmtlichen Nervenfasern zuzukommen und machen diese Präparate, an denen man hauptsächlich die verschiedenen oft sehr abenteuerlich gestalteten blauen Windungen sieht, zuerst einen sehr merkwürdigen Eindruck. — Kurz nach diesem Verlaufsstück endigen die Nervenfasern scharf gesondert an der Zelle meist mit einer leichten, birnförmigen Auftreibung. Der Axencylinder zeigt während seiner Endwindungen

[1]) l. c.
[2]) L. c. II. Teil.

feine, in parallelen Reihen angeordnete blaue Striche, die besonders deutlich bei beginnender Reduktion auftreten, jedoch keine eigentlich fibrilläre Struktur. In der terminalen Anschwellung konnte ich mehrere Male einzelne intensiv blau gefärbte, kleine kugelförmige Gebilde beobachten.

Bei ausserordentlich gut gelungenen Präparaten entdeckte ich an einzelnen Ganglienzellen deutliche Spuren einer bestehenden zweiten Oberflächenendigung. Man sah sehr feine blaugefärbte Fäserchen, die sich teilten und in verhältnissmässig grossen Endgebilden von verschiedenartiger Form übergingen. Diese Oberflächenverbreitung ist jedenfalls ganz anders gestaltet wie die bei den sympathischen Ganglienzellen und unterscheidet sich schon durch ihre ausserordentlich geringe Neigung, den blauen Farbstoff aufzunehmen. Nervenfasern, die mit diesen Endramificationen zusammenhingen, gelang es mir nie aufzufinden.

D. Ueber die Nervenendigungen in den Geschlechtsorganen.

I. Nervenendigung in Terminalkörperchen.

Krause[1]), dem wir eine grosse Reihe von Untersuchungen über die sensiblen Endorgane verdanken, beobachtete zuerst bestimmte Terminalkörperchen in der Clitoris und dem Penis des Menschen und einiger Säugetiere, welche er mit dem von ihm entdeckten Endkolben identificirte. Polle und Krause[2]) fanden in der Scheide des Kaninchens cylindrische Endkolben, in der Tiefe Vater'sche Körperchen. In einer späteren Arbeit beschrieb Krause[3]) in der Clitoris und dem Penis des

[1]) Zeitschrft. für ration. Med. 3 R., Bd. 5. 1858 und Die terminalen Körperchen der einfachen sensiblen Nerven, Hannover 1860. Es liegen schon einige frühere Angaben über Endkörperchen in den Genitalien von Fick und Kölliker vor.

[2]) Nervenverbreitung in den weibl. Genitalien 1865.

[3]) Ueber die Nevenendigung in den Geschlechtsorganen. Zeitschrift f. ration. Med. 3 R., Bd. 28. 1866, Seite 86.

Menschen ausser den Endkolben eigentümlich gebaute Terminalgebilde, die er in Beziehung zur Funktion dieser Stellen brachte und als Genitalnervenkörperchen bezeichnete. Weitere Angaben über das Vorkommen derselben bei verschiedenen Säugetierspecies machten Finger[1]) und Bense[2]). Andere Autoren, welche weiterhin diese Gebilde untersuchten, (Axel Key und G. Retzius[3]), Izquierdo[4]) führen sie als Endkolben an. Nach den schwedischen Forschern endigen die Nerven innerhalb derselben in Endknospen. Von Merkel[5]) werden die sensiblen Endorgane in den Genitalien für Tastkörperchen erklärt. Hier wie dort sollen die Nervenfasern ihr Ende finden in terminalen Zellen, die er als Ganglienzellen auffasst. Krause[6]) tritt in einer neuen Arbeit wieder für die specifische Natur der Genitalnervenkörperchen energisch ein und bestreitet die Angaben Merkels über die terminalen Ganglienzellen. Schwalbe[7]) beschreibt nach Untersuchungen an der Clitoris des Kaninchens die Nervenendigung in diesen Terminalorganen folgendermassen: „In den Genitalkörperchen findet sich ein schöner Innenkolben, der eine deutliche Längsstreifung erscheinen lässt, die auf eine Schichtung zurückzuführen ist. Innerhalb dieses Innenkolbens verläuft axial die blasse platte Terminalfaser und endigt unweit des peripheren Innenkolbenpoles mit knopfförmiger Anschwellung. (Endknopf). Die Terminalfaser geht aus einer am entgegengesetzten Pol eintretenden markhaltigen Nervenfaser hervor, die beim Eintritt in den Innenkolben ihr Nervenmark verliert; nur selten gelangen zu einem Endkolben 2 Nervenfasern. Die häufigen Biegungen und Knickungen des Genitalnervenkörperchens werden vom Innenkolben mitgemacht.“ — Und weiter: „In den geteilten

---

1) Ueber die Endigungen der Wollustnerven. Ibid. Bd. 28. 1866, S. 222.

2) Ueber Nervenendigungen in den Geschlechtsorganen. Ibid. Band 33. 1868. Seite 1.

3) l. c. Teil II.

4) Beitr. zur Kenntnis der sensiblen Nerven. Diss. Strassburg 1879.

5) Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbeltiere. Rostock 1850.

6) Die Nervenendigung innerhalb der terminalen Körperchen. Arch. f. mik. Anat. Bd. 19. 1881.

7) Lehrbuch der Anat. der Sinnesorgane, Erlangen 1883, S. 21.

Genitalkörperchen teilt sich auch Innenkolben und Terminalfaser; jedem Zweige der Letzteren entspricht ein Endknopf.“ Schwalbe fasst diese Körperchen als Zwischenformen zwischen Endkolben und Vater'schen Körperchen auf.

Ich selber fand bei meinen Studien an den Geschlechtsorganen des Kaninchens die Nervenendigungen innerhalb der Terminalorgane durchaus nicht so einfach gestaltet, wie sie nach der letzten Beschreibung erscheinen. Am besten bekommt man dieselben zur Anschauung, wenn man gut injicirten Tieren die Clitoris resp. den Penis noch intra vitam exidirt. In den subepithelialen Bindegewebsschichten sieht man dann reichhaltige, Plexusartig sich kreuzende blau gefärbte Nervenfasern, von denen ein Teil seine Endigung in verschieden gestalteten Terminalorganen findet. Sie sind mit einer geschichteten Hülle umgeben, welche continuirlich mit den Perineurallamellen der eintretenden Nervenfaser zusammenhängt. Man kann 2 Typen derselben unterscheiden: Kleinere birn- oder knospenförmig gestaltete Körperchen und grössere cylinder- oder walzenförmige, welche nicht selten — besonders bei den grössten Formen derselben findet sich dies — durch 1—2 seichte Einschnürungen segmentirt erscheinen. Durch die farblosen Hüllen sieht man die schön blau gefärbte Nervenendigung ohne Weiteres aufs deutlichste hervortreten. Dieselbe ist in den kleineren Organen relativ einfach. Stets tritt nur eine Nervenfaser an ihrem sich verschmächtigenden Pole ein, welche sich hier gleich in weitere feine Aeste teilt. Diese geben nicht selten im weiteren Verlaufe wieder secundäre Zweige ab und auch von letzteren können noch Fortsätze entspringen. Alle die Fasern endigen mit zierlichen, intensiv blau gefärbten Endanschwellungen (Endknöpfchen). (Siehe Fig. 6.) Die so zu Stande kommenden Bilder sind immer leicht zu übersehen, da die Terminalfasern alle ziemlich gerade in der Richtung des dem Nerveneintritt entgegengesetzten Poles aufsteigen.

Viel komplicirter ist die Endverzweigung der Nerven in den grösseren Körperchen gestaltet. Auch zu diesen pflegt sich meist nur eine Nervenfaser zu begeben. Der Eintritt derselben findet nicht immer an einem Pol der Terminalorgane statt,

sondern kann auch in der Mitte der langen Seite erfolgen. Die Nervenfaser und die ersten Zweige, die sie abgiebt, durchziehen in mehrfachen Windungen das Körperchen. Während dieses Verlaufes geben sie vielfache feinere Aestchen ab, die sich wieder unter einander verschlingen und secundäre Verbindungen eingehen. Auf diese Weise kommt ein ebenso zierliches wie schwer entwirrbares Bild zu Stande. Die Endigung erfolgt auch hier in kleinen knopfförmigen Anschwellungen, die oft durch Anastomosen mit einander verknüpft sind. Sind die Endkörperchen segmentirt, so gehen gröbere Aeste der Nervenfaser zu den einzelnen Abteilungen und finden hier ihre Endverästelung.

Bisher scheinen nur die Windungen, in denen die gröberen Zweige innerhalb des Körperchens verlaufen, beobachtet zu sein. Key und Retzius[1]) bilden nur solche ab. Die Endigungen der letzten Fäserchen sind viel feiner und durchaus nicht so regulär knospenförmig gestaltet, wie es auf den Abbildungen dieser Autoren erscheint[2]).

Die kleineren, einfacher gebauten Endorgane kommen häufiger in der Clitoris und der Vagina, die grösseren vorwiegend im Penis vor. Prinzipielle Unterschiede zwischen diesen beiden Formen der Genitalnervenkörperchen sind — was die Nervenendigung anbelangt — nicht vorhanden. Wichtig scheint es mir — in Bezug auf die Ansichten Merkels[3]) über die Nervenendigungen in den Tast- und Genitalkörperchen und den zusammengesetzten Endkolben — nochmals hervorzuheben, dass auch in den complicirter gebauten Terminalgebilden der Genitalorgane die Nervenfasern mit Endanschwellungen aufhören und dass nie eine Verbindung mit zelligen Elementen zu beobachten ist.

---

[1]) l. c. II. Teil.

[2]) Schwalbe (Sinnesorgane S. 32) hält wohl mit Recht viele der von Key und Retzius abgebildeten Endknospen für Kerne der von ihm beschriebenen, zwischen äusseren Kapseln und Innenkolben eingeschobenen Zellenschicht.

[3]) loco citato.

II. Nervenendigung im Epithel.

Intraepitheliale Nervenendigungen finden sich vielfach in den Geschlechtsorganen. Von den Fasern jenes oben geschilderten Nervengeflechtes endet nur ein kleiner Teil in Endorganen. Die bei weiten grössere Zahl sieht man auf Flächenansichten ins Epithel vordringen, hier einen varicösen Charakter annehmen und mit Endknöptchen aufhören. Besonders schön sind dieselben in der Clitoris zu studieren. Durch massenhaftes Vorkommen von intraepithelialen Nerven sind hier bestimmte Stellen ausgezeichnet, nemlich die Epitheldecken über dem Corpus cavernosum. Exstirpirt man hier kleine Stücke mit der Scheere, so bekommt man Präparate von wahrhaft staunenswertem Nervenreichtum. Unterhalb des Epithels bilden die Nervenfasern durch bogenförmige Anastomosen oft mit einander verbunden dichte Arkaden. Durch vielfache Teilungen wird das Nervengeflecht um so reicher, je mehr sich die Fasern dem Epithel nähern. Den Verlauf innerhalb derselben können wir am Rande unserer Präparate, wo sich uns ein optisches Querschnittsbild der verschiedenen Epithelschichten bietet, aufs deutlichste verfolgen. (Siehe Fig. 9). Die feinen Nervenfasern treten in grosser Anzahl ins Epithel ein und teilen sich mehrfach. Sie sind hier ausgeprägt varicös, die Verbindungen zwischen den einzelnen intensiv gefärbten Varicositäten von ausserordentlicher Feinheit. Die einzelnen Endästchen steigen oft einen deutlich winkligen Verlauf zwischen den Zellen nehmend bis zu verschiedener Höhe empor. Ihre Endigung finden dieselben in schönen blauen Knöpfchen von der Grösse der Varicositäten. Die äussersten derselben liegen in Schichten, in denen die Zellen schon abgeplattet sind. In den obersten Epithellagen sieht man oft einzelne blaue Körnchen (manches Mal auch reihenweise angeordnete) deren Zusammenhang mit Nerven nicht mehr nachzuweisen ist.

Es gleicht die von uns beschriebene[1]) intraepitheliale Ver-

[1]) Der Eintritt von Nervenfasern ins Epithel der Geschlechtsorgane wurde schon von Key und Retzius und Izquierdo (l. c.) beobachtet.

breitung und Endigung der Nerven in den Geschlechtsorganen völlig der von der Cornea[1]) und der übrigen Epidemis[2]) beobachteten.

Das Epithel der oben beschriebenen Stelle ist jedoch so reich an Nerven, wie vielleicht nur noch das der Hornhaut.

Zum Schluss erübrigt mir noch Herrn Geheimrat Prof. Dr. Gerhardt, der mir die Mittel des Laboratoriums der II. medic. Klinik gütigst zur Verfügung stellte, und Herrn Prof. Dr. Ehrlich für die Anregung und vielfache Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

1) Cohnheim l. c.

2) Langerhans: Ueber die Nerven der menschlichen Haut. Virch. Arch. Bd. 44. 1868.

Eberth: Die Endigung der Hautnerven, Arch. f. mikr. Anat. Bd. VI. 1870.

Erklärung der Abbildungen.

Die aussergewöhnlichen Schwierigkeiten der Zeichnung sind oben hervorgehoben worden. Dieselbe ist daher nicht in allen Teilen so exact ausgefallen, als es wünschenswert ist. Jedesfalls geben die Abbildungen ein besseres Bild von den beobachteten Dingen, als es jeder blossen Beschreibung möglich ist.

Sämmtliche Figuren sind bei Zeiss Oelimmersion $^1/_{12}$ Oc. (eingeschob. Tubus) gezeichnet, — die Nervenendigungen bei offenem Abbé'schen Beleuchtungsapparat, die übrigen Teile mit Zuhülfenahme von Blenden.

Sämmtliche Präparate stammen von Kaninchen.

Fig. 1. Symp. Ganglienzelle aus dem Ggl. coeliac. sup. Nervenendigung sehr einfach gestaltet. Spiralige Umwindung des ungefärbten Fortsatzes durch 2 blaue Fasern.

Fig. 2. Symp. Ganglienzelle. Ggl. coeliac. sup. Der ungefärbte Fortsatz nicht sichtbar. Kern schwach gefärbt.

Fig. 3. Symp. Ganglienzelle. Ggl. coeliac. sup. Typische Endigung.

Fig. 4. Symp. Ganglienzelle. Ggl. coel. sup. Complicirt gestaltete Nervenausbreitung; Verbindung derselben mit der Endigung auf einer benachbarten Zelle. Letztere nur unvollständig wiedergegeben.

Fig. 5. Gruppe von 3. Ganglienzellen aus dem Vorhof des Kaninchenherzens. Typische Endverbreitungen der Nerven.

Fig. 6. Genitalnervenkörperchen von der Clitoris 1ter Typus. Es kommen noch einfachere Formen der Nervenendigung in diesen Körperchen vor als die hier abgebildete.

Fig. 7. u. 8. Complicirter gebaute Genitalnervenkörperchen. Fig. 7 vom Penis. Fig. 8 von der Clitoris. In der Fig. 7 sind die Hüllen nicht sämmtlich gezeichnet.

Fig. 9. Intraepitheliale Nervenendigungen von der Clitoris. Es konnten nicht alle in diesem Gebiet endigenden Nerven wiedergegeben werden; die übrigen verblassten während der Zeichnung.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 7.

Fig. 5.

Fig. 6.

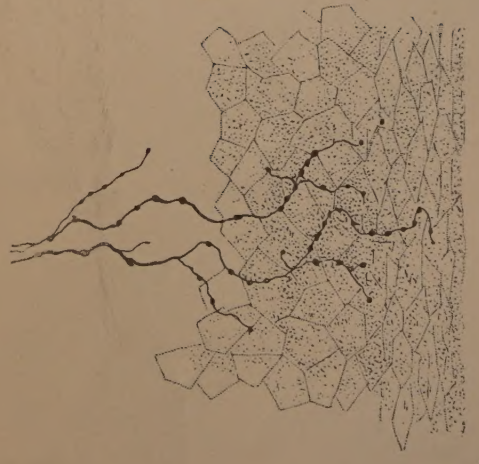
H. Aronson del.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 8.

Eig. 9.



Phototypie Edm. Gaillard.

THESEN.

I.

Die vitale Methylenblauinfusion ist die beste Methode für die Darstellung der Nervenendigungen.

II.

Die entzündliche Bindegewebsneubildung geht von den fixen Bindegewebszellen aus.

III.

Das Gesammtgewicht des Gehirns kann nicht als Ausdruck für den Grad der Intelligenz angesehen werden.

VITA.

Verfasser, Hans Aronson, mosaischer Confession, geboren den 28. November 1865 zu Königsberg i. Pr., besuchte 9½ Jahre lang das Altstädtische Gymnasium daselbst, welches er am 1. September 1881 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Er wurde am 17. October 1881 an der Königl. Albertus-Universität in Königsberg i. Pr. immatriculirt und studierte dort das erste Semester Naturwissenschaften und Mathematik, die folgenden Medicin. Am 4. März 1884 bestand er in Königsberg i. Pr. das Tentamen physicum. Vom 7ten Semester an studierte er in Berlin, wo er Anfang Februar 1886 magna cum laude das Examen medicum et rigorosum bestand.

Während seiner Studienzeit besuchte er die Kliniken, Vorlesungen, Curse folgender Herren:

in Königsberg i. Pr.: Baumgarten, Grünhagen, R. Hertwig, Jaffé, Langendorff, Lossen, Merkel, Naunyn, Neumann, Quaebiker (†), Schwalbe, Schönborn, Schneider, Schreiber, Thiele, Treitel, Weber, v. Wittich (†);

in Berlin: v. Bergmann, Fräntzel, v. Frerichs (†), Gad, Gerhardt, Gusserow, Guttmann, Henoch, Hofmeier, Lewin, Leyden, Liebreich, Mendel, Meyer, Schweigger, Senator, Uthoff, Veit, Virchow, Westphal.

Allen diesen seinen hochverehrten Lehrern spricht Verfasser an dieser Stelle seinen besten Dank aus.